

PROVA G3 – FIS 1041 – 24/11/2007
FLUIDOS E TERMODINÂMICA

GABARITO

QUESTÃO	VALOR	GRAU	REVISÃO
1	3,5		
2	3,0		
3	3,5		
TOTAL	10,0		

$$\Delta E_{\text{int}} = \Delta Q - \Delta W$$

$$pV = nRT \quad , \quad RT = Mv_{\text{mq}}^2 / 3$$

$$\Delta E_{\text{int}} = n C_V \Delta T$$

$$p V^\gamma = c^{\text{te}}$$

$$\gamma = C_p / C_V$$

$$C_V = (3/2)R, (5/2)R \text{ ou } (6/2)R$$

$$C_p = C_V + R$$

$$R = 8,3 \text{ J}/(\text{mol.K}) = 0.08 \text{ atm.l}/(\text{mol.K}) = 2 \text{ cal}/(\text{mol.K})$$

$$\ln 2 = 0,69 ; \quad \ln 3 = 1,1 \quad 2^{0,8} = 1,74 ;$$

$$2^{1,4} = 2,64 ; \quad 2^{3,5} = 11,3 ; \quad 3^{5/3} \approx 6 ; \quad 5,2^{7/5} = 10 ;$$

$$10^{5/3} = 46,8 ; \quad 10^{7/5} = 25,1 ; \quad 5,2^{5/3} = 15,7$$

$$k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = R / N_A$$

$$N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas/mol}$$

$$E_{\text{cin}} = kT/2 \text{ por grau de liberdade}$$

$$\varepsilon = |W| / |Q_Q| \quad \varepsilon_C = 1 - T_F/T_Q$$

$$K = |Q_F| / |W| \quad K_C = T_F / (T_Q - T_F)$$

$$W = \int p \, dV$$

$$\Delta S = \int dQ / T$$

As respostas sem justificativas não serão computadas

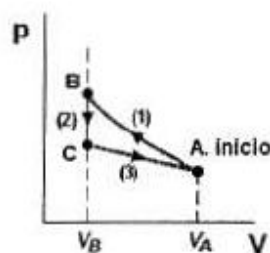
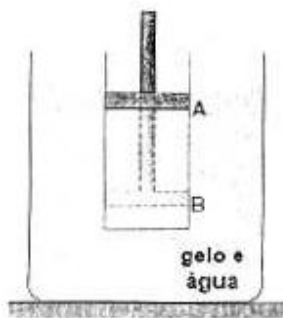
Responda as questões nos espaços entre os itens.

1ª Questão – 3,5

A figura abaixo mostra um cilindro contendo um mol do gás nitrogênio (N_2), fechado por um pistão móvel e submerso numa mistura de gelo com água ($T_0 = 0^\circ C = 273 K$). O gás sofre as seguintes transformações (diagrama p-V ao lado da figura):

- (1) O pistão, inicialmente na posição A, é empurrado rapidamente para baixo, até a posição B (processo adiabático), comprimindo o gás até $V_B = V_A/4$;
- (2) é, então, mantido na posição B até que o gás esteja novamente na temperatura da mistura gelo-água (considere este processo como reversível isovolumétrico).
- (3) Em seguida, o pistão é erguido lentamente de volta à posição A (processo isotérmico).

Observa-se que 3,0 g de gelo são derretidos durante o ciclo. (Calor de fusão do gelo $L_F = 3,33 \times 10^5 J/kg$)



Sistema: gás N_2 $\left\{ \begin{array}{l} 0,3 \text{ por item} \\ 0,2 \text{ último preenchido} \end{array} \right.$

	Q(J)	W(J)	$\Delta E_{int}(J)$
(1)	0	$-4,1 \times 10^3$	$4,1 \times 10^3$
(2)	$-4,1 \times 10^3$	0	$-4,1 \times 10^3$
(3)	$3,1 \times 10^3$	$3,1 \times 10^3$	0
Ciclo	$-1,0 \times 10^3$	$-1,0 \times 10^3$	0

- (a) Calcule o calor trocado entre o gás e a mistura gelo-água durante o ciclo. Obtenha o trabalho realizado sobre o gás durante o ciclo e complete a última linha da tabela acima.

$$Q_{\text{cedido ao gelo}} = mL_F = 3,0 \times 10^{-3} \times 3,33 \times 10^5 = 1,0 \times 10^3 \text{ J}$$

$$Q_{\text{ciclo}} = -Q_{\text{cedido ao gelo}} = -1,0 \times 10^3 \text{ J}$$

no ciclo $\Delta E_{int} = 0$
 $Q = W$

- (b) Calcule o trabalho realizado pelo gás na etapa (3) e complete, na tabela, a linha correspondente a essa etapa.

$$W_3 = \int_{V_B}^{V_A} p dV = nRT \int_{V_B}^{V_A} \frac{dV}{V} = nRT \ln \frac{V_A}{V_B} = 8,3 \times 273 \ln 4$$

$$W_3 = 3,1 \times 10^3 \text{ J}$$

$\Delta E_{int} = 0$ isotérmica
 $Q_3 = W_3$

- (c) Obtenha o trabalho realizado sobre o gás na etapa (2) e coloque o valor na tabela. Em seguida, calcule o trabalho na etapa (1) e complete a linha (1) da tabela.

$$W_2 = 0 \text{ isovolumétrica} \quad Q_1 = 0 \text{ adiabática}$$

$$W_{\text{ciclo}} = W_1 + W_2 + W_3 \quad W_1 = (-1,0 \times 10^3 - 3,1 \times 10^3) = -4,1 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta E_{int,1} = -W_1 = 4,1 \times 10^3 \text{ J}$$

- (d) Calcule o calor cedido pelo gás na etapa (2) e Complete a linha (2) da tabela.

$$\Delta E_{int, \text{ ciclo}} = 0 = \Delta E_{int,1} + \Delta E_{int,2}$$

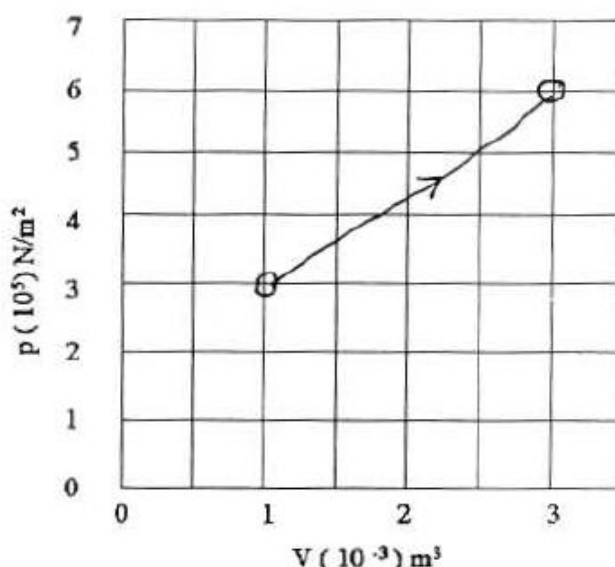
$$\Delta E_{int,2} = -4,1 \times 10^3 \text{ J}$$

$$Q_2 = \Delta E_2 = -4,1 \times 10^3 \text{ J}$$

2ª Questão – 3,0

Um gás ideal monoatômico, partindo do estado inicial definido pelo volume $V_0 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, pressão $p_0 = 3,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ e temperatura $T_0 = 300 \text{ K}$, triplica seu volume ao final de um processo no qual a pressão varia linearmente com o volume até duplicar a pressão quando $V = 3V_0$.

- (a) Represente esse processo no plano p-V ao lado e coloque na tabela os valores finais da pressão e da temperatura.



V (m ³)	p (Pa)	T (K)
3,0x10 ⁻³	6 x 10 ⁵	1 800

0,5

$$pV = nRT$$

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{2p_0 \cdot 3V_0}{T_1}$$

$$T_1 = 6T_0 = 1800 \text{ K}$$

- (b) Calcule o trabalho W , o número de moles n e a variação da energia interna ΔE_{int} .

$$W \Rightarrow \text{ÁREA DO TRAPÉZIO} \quad W = \frac{(6+3) \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3}}{2} \quad W = 900 \text{ J} //$$

1,0

$$1 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^5 = nR \times 300 \quad 300 = nR \times 300 \quad \therefore nR = 1 \quad n = \frac{1}{R} = 0,12 //$$

$$\Delta E = n c_v (T_f - T_i) = n \frac{3}{2} R (1800 - 300) = \frac{3}{2} \times 1500 = 2250 \text{ J} //$$

- (c) Calcule a energia térmica Q e o calor específico molar c nesse processo (valor médio). Compare com c_v e c_p .

$$\Delta E = Q - W \Rightarrow 2250 = Q - 900 \quad Q = 900 + 2250 = 3150 \text{ J} //$$

1,0

$$Q = n c \Delta T = n c \times 1500 \Rightarrow n c = \frac{3150}{1500} = 2,1 \quad c = \frac{2,1}{0,12} = 17,5 \text{ J/Kmol} //$$

- (d) Calcule a energia cinética média por molécula no estado final e a razão entre suas velocidades quadráticas médias final e inicial.

$$E_c = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \times 1,38 \times 10^{-23} \times 1800 = 3,73 \times 10^{-20} \text{ J} //$$

0,5

$$v_i^2 = \frac{3RT_i}{M} \quad v_f^2 = \frac{3RT_f}{M}$$

$$\frac{v_f^2}{v_i^2} = \frac{T_f}{T_i} = \frac{1800}{300} = 6$$

$$v_f/v_i = \sqrt{6} = 2,45 //$$

3ª Questão – 3,5

Seja uma máquina operando de acordo com o ciclo da figura. Neste ciclo, **um mol** de gás ideal **diatômico** sofre quatro processos:

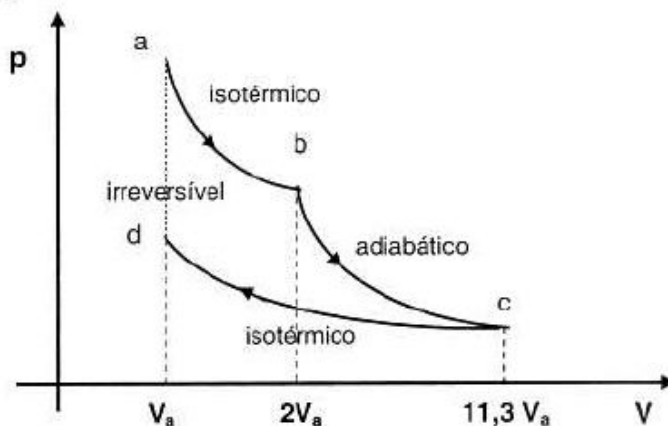
a→b: expansão isotérmica
($T_Q = 600$ K);

b→c: adiabático;

c→d: compressão isotérmica
($T_F = 300$ K);

d→a: irreversível, com $W_{da} = 0$.

Os volumes estão relacionados por:
 $V_b = 2 V_a$, $V_c = 2^{3,5} V_a = 11,3 V_a$ e
 $V_d = V_a$.



1,5 (a) Acabe de preencher a tabela abaixo.

Processo	Q (10^3 J)	W (10^3 J)	ΔE (10^3 J)
a → b	3,4	3,4	0
b → c	0	6,2	-6,2
c → d	-6,0	-6,0	0
d → a	6,2	0	6,2
ciclo	3,6	3,6	0

$$Q_E = \frac{5 \cdot n \cdot R}{2} \cdot \Delta T = \frac{5}{2} \cdot 8,3 \cdot 300 = 3,6 \times 10^3 \text{ J} + 0,2$$

Podemos separar o calor total trocado durante o ciclo Q_{ciclo} em duas partes:

$$Q_{\text{entra}} > 0 \text{ e } Q_{\text{sai}} < 0: Q_{\text{ciclo}} = |Q_{\text{entra}}| - |Q_{\text{sai}}|.$$

0,5 (b) Marque abaixo quais dos processos contribuem para Q_{entra} e quais para Q_{sai} . Calcule Q_{entra} e Q_{sai} .

	Processos			
Q_{entra}	<input checked="" type="checkbox"/> a→b	<input type="checkbox"/> b→c	<input type="checkbox"/> c→d	<input checked="" type="checkbox"/> d→a
Q_{sai}	<input type="checkbox"/> a→b	<input type="checkbox"/> b→c	<input checked="" type="checkbox"/> c→d	<input type="checkbox"/> d→a

$$Q_E = 3,4 + 6,2 = 9,6 \times 10^3 \text{ J}$$

$$Q_S = -6,0 \times 10^3 \text{ J}$$

$Q_{\text{entra}} =$	$9,6 \times 10^3 \text{ J}$
$Q_{\text{sai}} =$	$-6,0 \times 10^3 \text{ J}$

(0,5)

(c) Calcule o rendimento da máquina.

$$\epsilon_m = \frac{W}{|Q_E|} = \frac{3,6}{9,6} = 0,375 = 37,5\%$$

(1,0)

(d) Considerando que durante o processo irreversível o gás está em contato com o reservatório quente (T_Q), trocando calor com o mesmo, calcule a variação da entropia durante um ciclo

- para o gás ΔS_{gas} ,
- para o reservatório quente ΔS_Q e
- para o reservatório frio ΔS_F .

De quanto foi a variação da entropia total $\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{gas}} + \Delta S_Q + \Delta S_F$?

$$\Delta S_{\text{gas}}^{\text{ciclo}} = 0 \quad 0,3$$

$$\Delta S_Q^{\text{ciclo}} = \int \frac{\delta Q}{T_Q} = \frac{1}{T_Q} Q_Q = - \frac{Q_{\text{EF}}}{T_Q} \quad 0,3$$

$$= - \frac{9,6 \times 10^3}{600} = -16 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_F^{\text{ciclo}} = \int \frac{\delta Q}{T_F} = \frac{1}{T_F} Q_F = - \frac{Q_{\text{SAI}}}{T_F}$$

$$= - \frac{(-6,0 \times 10^3)}{300} = 20 \text{ J/K} \quad 0,3$$

$$\Delta S_{\text{TOT}}^{\text{ciclo}} = 0 - 16 + 20 = +4 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{\text{gas}}^{\text{ciclo}} = 0 ; \Delta S_Q^{\text{ciclo}} = -16 \text{ J/K} ; \Delta S_F^{\text{ciclo}} = 20 \text{ J/K}$$